

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2003-522030

(P2003-522030A)

(43) 公表日 平成15年7月22日 (2003.7.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
B 2 3 B 35/00		B 2 3 B 35/00	3 C 0 2 2
B 2 3 C 3/00		B 2 3 C 3/00	3 C 0 3 6

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-582177(P2000-582177)
 (86) (22) 出願日 平成11年11月5日 (1999.11.5)
 (85) 翻訳文提出日 平成13年5月17日 (2001.5.17)
 (86) 国際出願番号 P C T / S E 9 9 / 0 2 0 0 7
 (87) 国際公開番号 W O 0 0 / 0 2 9 1 5 1
 (87) 国際公開日 平成12年5月25日 (2000.5.25)
 (31) 優先権主張番号 9 8 0 3 9 4 6 - 4
 (32) 優先日 平成10年11月17日 (1998.11.17)
 (33) 優先権主張国 スウェーデン (S E)
 (31) 優先権主張番号 0 9 / 2 0 7 , 1 4 2
 (32) 優先日 平成10年12月8日 (1998.12.8)
 (33) 優先権主張国 米国 (U S)

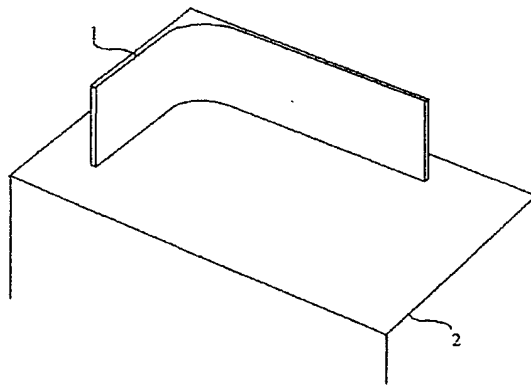
(71) 出願人 サーブ アー・ペー
 スウェーデン国、リンチェピング エスー
 581 88、ビー・アール、ウグラス ガー
 タ (番地なし)
 (72) 発明者 ストランド、ケント
 スウェーデン国、リンチェピング エスー
 583 33、ロッターレガタン 100
 (72) 発明者 カールソン、スヴェン・オーグ
 スウェーデン国、リンチェピング エスー
 586 62、ノールガタン 13エフ
 (74) 代理人 弁理士 三品 岩男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高速機械加工 (HSM) によるメタル・マトリックス複合材 (MMC) の加工方法

(57) 【要約】

メタル・マトリックス複合材、いわゆるMMC材の材料から作成された構成部品を、MMC材の工作物またはブランクの高速機械加工いわゆるHSM機械加工によって機械加工して、予め定められた形状を提供する。HSM機械加工は、切削工具が、特に従来の加工技術を使用する通常の場合と比較して、加工対象の工作物に対して非常に高い速度で作動することによって特徴付けられる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 予め定められた形状の構成部品をメタル・マトリックス複合材（MMC）から製造するためのMMCの加工方法であって、前記方法はMMC材のブランクを高速機械加工（HSM）によって機械加工して予め定められた形状の構成部品を得ることを含み、前記MMC材がここで15%から70%の間の補強材含有率を有すると定義され、HSM機械加工の状態が切削速度と相関関係にある剪断力が減少するときに示現するように構成されたMMCの加工方法。

【請求項2】 切削速度と相関関係にある剪断力が、大局的的最大値を乗り越えたときに前記HSMの状態が示現することを特徴とする、請求項1に記載のMMCの加工方法。

【請求項3】 前記切削工具が、被覆超硬合金切刃、窒化ほう素切刃、およびダイヤモンド切刃から成るグループから選択された一つの要素を含むことを特徴とする、請求項1に記載のMMCの加工方法。

【請求項4】 前記切削工具が、被覆超硬合金切刃、窒化ほう素切刃、およびダイヤモンド切刃から成るグループから選択された一つの要素を含むことを特徴とする、請求項2に記載のMMCの加工方法。

【請求項5】 機械加工されるMMC材が、約15%から約70%の間の補強材含有率を有することを特徴とする、請求項4に記載のMMCの加工方法。

【請求項6】 機械加工されるMMC材が、約15%から約70%の間の補強材含有率を有することを特徴とする、請求項3に記載のMMCの加工方法。

【請求項7】 前記補強材が、炭化けい素、炭化ほう素、および酸化アルミニウムから成るグループから選択される少なくとも1つの要素であることを特徴とする、請求項6に記載のMMCの加工方法。

【請求項8】 前記補強材が、炭化けい素、炭化ほう素、および酸化アルミニウムから成るグループから選択される少なくとも1つの要素であることを特徴とする、請求項5に記載のMMCの加工方法。

【請求項9】 前記補強材がカーバイドであることを特徴とする、請求項5に記載のMMCの加工方法。

【請求項10】 前記補強材がカーバイドであることを特徴とする、請求項

6に記載のMMCの加工方法。

【請求項11】 前記MMCが、アルミニウム、チタン、およびそれらの合金からなるグループから選択された少なくとも1つの母材を含むことを特徴とする、請求項5に記載のMMCの加工方法。

【請求項12】 前記MMCがアルミニウム、チタン、およびそれらの合金からなるグループから選択された少なくとも1つの母材を含むことを特徴とする、請求項6に記載のMMCの加工方法。

【請求項13】 前記構成部品が自動車用または光学系利用のための構成部品であることを特徴とする、請求項1に記載のMMCの加工方法。

【請求項14】 前記構成部品が高速運動エンジン部品であることを特徴とする、請求項13に記載のMMCの加工方法。

【請求項15】 前記構成部品がピストンロッドまたはクランクシャフトであることを特徴とする、請求項13に記載のMMCの加工方法。

【請求項16】 前記構成部品が鉄道車両、トラックまたは乗用車の構成部品であることを特徴とする、請求項1に記載のMMCの加工方法。

【請求項17】 前記構成部品がブレーキディスクまたはブレーキヨークであることを特徴とする、請求項16に記載のMMCの加工方法。

【請求項18】 前記構成部品が自動車用または光学系利用のための構成部品であることを特徴とする、請求項2に記載のMMCの加工方法。

【請求項19】 前記構成部品が高速運動エンジン部品であることを特徴とする、請求項18に記載のMMCの加工方法。

【請求項20】 前記構成部品がピストンロッドまたはクランクシャフトであることを特徴とする、請求項18に記載のMMCの加工方法。

【請求項21】 前記構成部品が鉄道車両、トラック、または乗用車の構成部品であることを特徴とする、請求項2に記載のMMCの加工方法。

【請求項22】 切削速度と相関関係にある前記剪断力が漸近的に零に近づくことを特徴とする、請求項1に記載のMMCの加工方法。

【請求項23】 前記ブランクを切削点で機械加工する前記切削工具の前記ブランクに対する速度が、機械加工の結果形成されるチップが少なくとも瞬間的

に前記切削点で局所的に浮遊するような速度であることを特徴とする、請求項1
に記載のMMCの加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ピストンロッド、ピストン、ブレーキディスク、およびその他の機械部品等の構成部品を成形するためにMMC材（メタル・マトリックス複合材）で形成された工作物を機械加工するための方法に関する。

【0002】

【発明の背景】

MMC材と呼ばれる構造材料は、最近の10年間に知られるようになった。MMC材は、炭化けい素、炭化ほう素、または酸化アルミニウム等の物質の繊維または粒子の混合による補強材を含む、アルミニウム、チタン、またはこれらの合金等の結合材から形成される複合材である。一般的に、補強材の含有率は、MMC材の約15重量%ないし約70重量%である。補強材含有率が約15%より低いMMC材は、補強材無しで結合材を形成するために通常使用される手段によって形成することができるので、そのような材料はこの記述ではMMC材とは呼ばない。

【0003】

MMC材は非常に興味深い特性を持ち、それは使用分野によって調整することができ、それによって、特定の使用分野内で従来の材料を使用することによって達成できるものより軽量で、より強く、より剛性の構成部品を作成したり、より優れた耐久性を備えた構成部品を提供するなどの利点が達成される。

【0004】

ピストンロッド等の高速運動部品がこれらの金属複合材によって適切に機能することができる車両技術は、MMC材の使用分野の一例である。車両製造者は、絶えず、燃料消費、排気、振動、雑音、快適性等に関して性能の向上を達成しようと努めている。これらのパラメータの全てに関して重要であるのは、特に非弾性体および高速運動エンジン部品における、重量の軽減である。特に自動車を使用する競技活動分野では、エンジン部品にとって上述の性質が非常に望ましい。ピストンロッドは、上述の通り、そのような構成部品の一例であり、重量の軽減

が非常に好ましい。

【0005】

車両のレース活動では、上述の種類の構成部品に、鋼の代わりにアルミニウム、チタン、または炭素繊維複合材等の軽量の材料が一般的に使用される。

【0006】

MMC製品の別の興味深い使用分野は、自動車、トラック、および列車のブレーキディスクである。

【0007】

MMC材を使用するときの1つの主要な欠点は、材料が非常に機械加工しにくいことである。MMC材を使用する構成部品を成形するときには、最終的に完成する形状によく一致する鋳型で構成部品を鋳造するなどの方法が適用される。別の方法は、鍛造工作物または押出棒の一部を使用することであり、それにより構成部品の表面に対するスパーク加工と従来の加工とを使用して、構成部品の最終形状を達成することができる。従来の製造機械加工法を使用することによって、例として、オートバイ用のピストンロッドを生産することが試みられている。これにより、重量低下など所望の性質を持つ所望の構成部品を完成させる目的は、達成されている。エンジンにそのようなピストンロッドを使用することにより、結果的に、高速ギヤへの移動が容易であり、かつ、さらにエンジンに対してより低い振動を誘発するエンジンが得られた。しかし、問題は、エンジン部品を製造するコストが非常に高いことであり、これは、使用が抑制されるか、またはコストの重要性が小さい分野に限定されることを意味する。

【0008】

多数の特許公報が、MMC材によって作成された構成部品の最終段階での成形のための様々な方法を開示している。ここでは、一例として、米国特許第5,765,667号を示す。当該特許は、切削工具によって機械加工する必要性をできるだけ回避するために（これは明確に表現されている）、構成部品を構成部品の最終形状に非常によく一致する形状に鋳造することによって、構成部品を、この例ではディスクブレーキを、製造するための方法を記述している。アルミニウム母材と炭化けい素粒子の補強材から構成されるMMC材は、一般的に研削工具

に使用される組成をまさに含むので、切削工具によって機械加工する必要性が回避されることは、当業者には自明である。

【0009】

MMC材に埋め込まれるけい素粒子は、従来の機械加工技術を使用することによって機械加工したときに、切削工具の刃が複合材内部の研削粒子によって迅速に摩滅するので、切削工具に対して荒廃効果を持つ。

【0010】

本発明は、上述の問題に対する意外な解決策を開示する。

【0011】

【発明の概要】

本発明の一態様は、ここで高速機械加工と呼ばれる（HSMと略称される）ものによってMMC材の工作物を成形する方法に基づくものであり、それにより構成部品に、この機械加工法によって工作物から直接その最終形状を与えることができる。工作物は鍛造または鋳造するか、一片の押出棒とするか、または他の何らかの方法で生産される原料とすることができる。

【0012】

高速機械加工は、従来の機械加工技術の場合と比較して、切削工具を加工対象の工作物に対して非常に高い速度で作動させることを含む。ここで関係する切削工具は、好ましくはフライスおよびドリルである。

【0013】

ここで使用する場合、用語「高速機械加工」（HSM）とは、従来の機械加工法とは異なるプロセスを表す。この用語は時々、新しい方法が従来の機械加工の限界をより高いレベルに押し上げそうな場合の、従来の機械加工を示すのにも使用される。しかし、これは、以下で示す通り本願で本当に意味するものではない。

【0014】

HSMは、

—非常に高い切削速度

—高い剪断ひずみ速度（チップを工作物から分離する能力）

- ー非常に高い効果密度が切刃の前に生成されること（典型値： MW/mm^3 ）
 - ーチップの形成プロセスで、非常に高い温度が切削場所で局所的に示現すること
 - ーチップが切刃に接触することなく流動していること
 - ー剪断力が漸近的に零に近付くこと
- によって特徴付けられる。

【0015】

以下は、本発明に従ってある材料を高速機械加工するときの高い切削速度の幾つかの例である。

ーアルミニウム 約 $3000\text{m}/\text{分}$ （従来は約 $100-400\text{m}/\text{分}$ ）

ーチタン 約 $15000\text{m}/\text{分}$ （従来は約 $15-100\text{m}/\text{分}$ ）

高速機械加工を特徴付けるために保持される上述の状態を得るための正しい切削速度を見出すことは、機械加工される材料の種類に依存する。そうしたことは、当業者がひとたびこの開示を知れば、過度の実験をすることなく、決定することができるであろう。

【0016】

新しい材料のHSM機械加工の最適切削速度を決定するために試験するときは、剪断力を調べることができる。HSM機械加工状態の判断基準に達するとき、剪断力は漸近的に零に近付く。したがって、HSM状態は、切削速度の増加と共に剪断力が低下していくときに示現すると言うことができる。前記HSM状態で、目的は、加工対象材料の最適切削速度を決定することである。従来の機械加工では、剪断力は、切削速度の増加と共に増加していく。これは、今理解されているように、切削速度と相関関係にある剪断力が、大局的最大値（局所的最大値または最小値が発生することがある）を持つ曲線によって表すことができることを意味する。機械加工が曲線の上昇側で実行されているような機械加工データである場合、従来の機械加工が示現する。他方、機械加工が曲線の下降側で行われるような状況下で機械加工が行われる場合、HSM状態が示現する。つまり、言い換えると、HSM機械加工は、大局的最大点を通過したときに示現する。

【0017】

HSM機械加工を使用する別の利点は、切削点で発生する熱の大部分、一般的

に80%をチップが吸収することであり、それにより工作物は、機械加工時に発生する熱によって本質的に影響されない。

【0018】

高速機械加工は、MMC材に使用したときに、予想外によい結果を出すことが見出された。材料内の研削物質の割合が高いにもかかわらず、切削工具は、あたかもそれがMMC材における研削物質の存在に影響されないかのように、その鋭利さを長時間維持するようである。この裏にある理由は、材料内部のふるまいとしてまだよく理解されていない。つまり、MMC材を高速機械加工する場合に切削点で材料に実際何が起きているのか、よく分かっていない。1つの理論は、材料から切削されるチップがある程度、切削工具の切刃のすぐ前の限定空間内で液状になること、および例えば炭化けい素、炭化ほう素、または酸化アルミニウムによって構成される埋込み研削粒子が、形成される給気によって運び去られ、それによって工具の刃に直接接触しないことである。これは、従来の機械加工に適用されるものとは全く対照的に、切削工具がその鋭利さを維持する理由についての説明になるであろう。

【0019】

MMC材のHSM機械加工によってピストンロッドを生産する試験を実行した。結果はきわめて有望であった。機械がスピンドル回転速度、切削速度、工具の送り等に関して正しい設定を行った場合、機械加工の結果は良好であった。一例として、MMC材で実行したピストンロッドのプロトタイプを一方では従来の方法によって、他方では高速機械加工によって最終形状に成形するためのコストは、ピストンロッドの製造コストを40倍以上削減したことを挙げることができる。本発明によるMMC構成部品の連続生産によって、コストをさらに削減することが可能である。

【0020】

本発明のさらに別の目的および利点は、本発明を実現するために考えられる最適態様の単なる解説として、本発明の好適な実施形態のみを示し記述する以下の詳細な説明から、当業者には容易に自明となるであろう。理解されるであろうが、本発明は他の異なる実施形態が可能であり、その幾つかの詳細は、本発明から

逸脱することなく、様々の明瞭な点における変形例とすることができる。したがって、説明は、限定としてではなく、事実上の例証とみなすべきである。

【0021】

【発明の実施の形態】

本発明による方法を評価するための実験による試験の多数の例について、図を参照しながら説明する。図1は、MMC材から作成されたブランク2から製造されたフランジ1を示し、ここでは工作機械を使用して将来のフランジ1の周囲からブランク2の原料を全て除去している。フランジ1は、この場合、Lの形状を成し、材料の最終厚さが1mmで、Lの辺のそれぞれの長さが45mmおよび15mmである。機械加工のために使用される設定は、この例では、スピンドル速度15000rpm、切削速度565m/分、および送り速度3000mm/分である。図1によるフランジ1を成形するために要する時間は、2.5分である。この例では、切削工具の摩滅時間は数時間にのぼった。この図による部品は、40%の炭化けい素の部分を材料中に含むMMC材によって形成される。

【0022】

試験は、40%のSiC含有量を含むMMC材への穴あけも行った。6.9mmのHMドリルにより多数の穴を形成し、そこでスピンドル速度は15000rpmに、送り速度は3000mm/分である。ドリルの摩滅時間は、この場合、ドリルが最高1000個のドリル穴をあけるための使用に耐えるようなものであった。

【0023】

図2は、MMC材のブランクから直接製造されたエンジン用の部品、この例ではピストンロッドの例を開示する。MMC材のブランクは、本発明による高速機械加工によって、この図によるピストンロッドとして最終形状に加工された。MMC材で作成される図2のピストンロッドを生産するためのコストは低く、同時に、それは、他の材料から形成されるピストンロッドと比較して次の利点を示す。

【0024】

一鋼に比べて、低い質量

ーチタンに比べて、低い質量、高い剛性

ーアルミニウムに比べて、高い剛性、高い降伏点、高い耐久限度、隣接するクランクシャフトの鋼と同等の熱膨張係数

ー繊維複合材に比べて、低い価格、等方性、隣接するクランクシャフトの鋼と同等の熱膨張係数

【0025】

本発明の方法に従って機械加工することによって、被覆超硬合金から形成され内部チャンネル冷却を備えた切削工具の使用により、およびダイヤモンド工具の使用により、優れた結果が達成された。ダイヤモンド工具を使用すると、MMC材のカーバイド含有率は最高40%となり、工具の摩滅時間は長い。カーバイド含有率が70%もの高さになっても、依然として優れた結果が達成された。

【0026】

本発明による方法は、構成部品の最終形状に対して機械加工が可能である場合、MMC材から製造されるあらゆる種類の構成部品に適用可能である。したがって、この方法は、開示した例に限定されず、MMCの選択が有利である場合、全ての構成部品に使用することができる。挙げることができる幾つかの例として、エンジン部品、宇宙機用の機械構造、計器用の機械構造、車両用のブレーキディスク等がある。さらに、MMCから製造されるブレーキディスクは、鋼に比較して低重量である点から有利であり、これは減速前にブレーキディスクに蓄積される回転エネルギーを低下させるのに貢献し、各車軸にしばしば鋼で作成された多数の回転ブレーキディスクが装備されている列車において、特定の重要性を持つ条件である。

【0027】

上述の発明の説明は、本発明を解説し説明するものである。さらに、開示は、本発明の好適な実施形態のみを示し説明しているが、上述の通り、本発明は、他の様々な組合せ、変形、および環境で 사용할ことができ、ここで述べた発明の概念の範囲内で上記の教示および／または関連技術の技量または知識に相応して、変更または変形することができることを理解されたい。本願で上述した実施形態はさらに、本発明を実施するための周知の最良の態様を説明し、かつ他の当業

者がそのような実施形態またはその他の実施形態で、本発明の特定の適用または利用によって要求される様々な変形例を加えて、本発明を利用できるようにすること意図している。したがって、説明は本発明をここに開示した形態に限定することを意図するものではない。また、請求の範囲は、代替的实施形態を含むものと解釈されることを意図している。

【図面の簡単な説明】

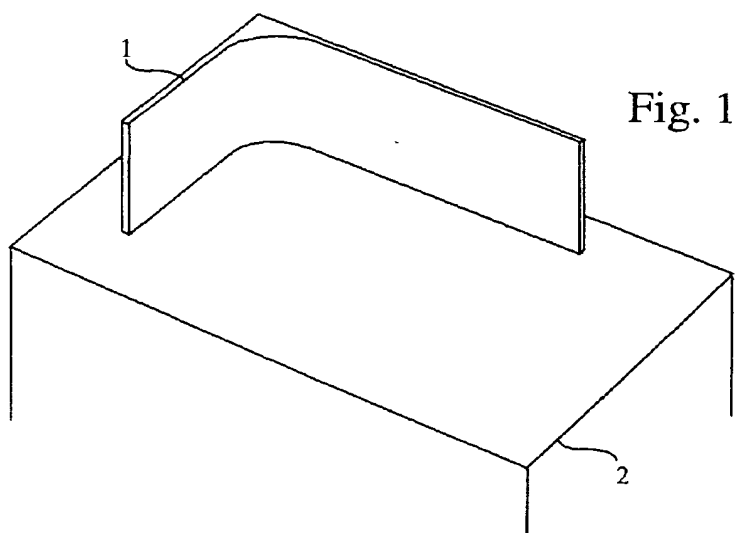
【図1】

一片のMMC材が高速機械加工によって原料から成形される実験作業の例を示す図である。

【図2】

本発明による方法によって生産されるエンジン部品、この場合ではピストンロッドの例を示す図である。

【図1】



【図2】

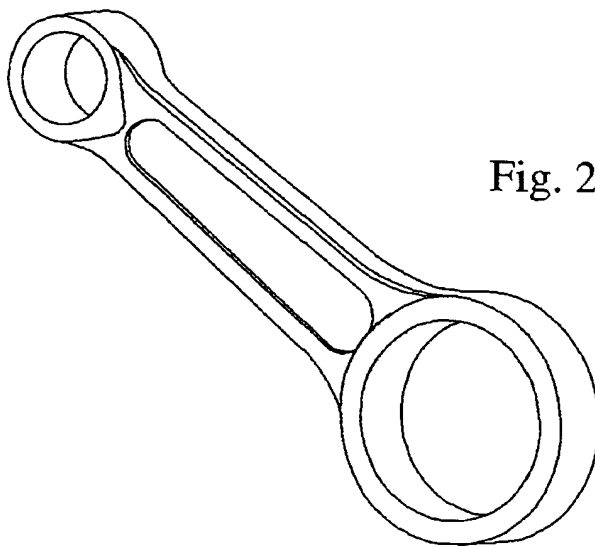


Fig. 2

【國際調查報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/SE 99/02007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
IPC7: B23B 35/00, B23B 1/00, C22C 1/09 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC7: B23B, B23C, B23D, B23Q, C22C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
SE,DK,FI,NO classes as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
WPI, EPDOC, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Conference Paper: 30th ISIATA, ISBN. 0-947719-94-6, Materials for Energy-Efficient Vehicles; Paint and Powder Coating Application in the Automotive Industries, Florence, Italy 16-19 Jun 1997, Dr L Iuliano, Mr L Settineri and Mr A Gatto --	1-23
A	US 5415500 A (DELANGIS ET AL.), 16 May 1995 (16.05.95), figure 3, abstract --	1-23
A	US 5511603 A (BROWN ET AL.), 30 April 1996 (30.04.96), abstract --	1-23
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&c" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
9 February 2000		02-03-2000
Name and mailing address of the ISA Swedish Patent Office Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. +46 8 666 02 86		Authorized officer Joakim Movander/LS Telephone No. +46 8 782 25 00

Form PCT/ISA.210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/SE 99/02007

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5702542 A (BROWN ET AL.), 30 December 1997 (30.12.97), abstract --	1-23
A	US 5620285 A (TURCHAN), 15 April 1997 (15.04.97), abstract -- -----	1-23

Form PCT/ISA 210 (continuation of second sheet) (July 1991)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/SE 99/02007

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5415500 A	16/05/95	NONE	
US 5511603 A	30/04/96	AU 4151596 A US 5702542 A WO 9719774 A EP 0869855 A	19/06/97 30/12/97 05/06/97 14/10/98
US 5702542 A	30/12/97	AU 4151596 A US 5511603 A WO 9719774 A	19/06/97 30/04/96 05/06/97
US 5620285 A	15/04/97	AU 658303 B AU 2485895 A AU 2487495 A AU 4114393 A BR 9305508 A CA 2102427 A, C CA 2208208 A CN 1088500 A CZ 9302800 A EP 0605670 A JP 6508072 T MX 9302471 A PL 171205 B US 5549190 A US 5621965 A US 5803683 A WO 9322093 A	06/04/95 28/09/95 28/09/95 29/11/93 26/12/95 29/10/93 29/10/93 29/06/94 12/04/95 13/07/94 14/09/94 01/09/93 28/03/97 27/08/96 22/04/97 08/09/98 11/11/93

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY,
DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, I
T, LU, MC, NL, PT, SE), CZ, JP, K
R, PL, RU, ZA

(72)発明者 エクブラッド、ステファン
スウェーデン国、ギョーテボルグ エスー
418 71、スケップスパイグガーレガタン

8

Fターム(参考) 3C022 AA10
3C036 AA00

JP 2003-522030

July 22, 2003

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the approach for machining the work formed by MMC material (metal matrix composite), in order to fabricate component parts, such as a piston rod, a piston, a brake disc, and other machine parts.

[0002]

[Background of the Invention]

The structural material called MMC material came to be known in [latest] ten years. MMC material is composite formed from binding material, such as aluminum and titanium including the reinforcing materials by mixing of the fiber of matter, such as silicon carbide, carbonization boron, or an aluminum oxide, or a particle, or these alloys. Generally, reinforcing materials's content is about 15% of the weight of MMC material, and about 70 % of the weight. Since the MMC material with reinforcing materials content lower than about 15% can be formed with the means usually used in order to form binding material without reinforcing materials, such an ingredient is not called MMC material by this description.

[0003]

The use field can adjust it, it is more nearly lightweight than what can be attained by using the ingredient conventional by specific use part Nouchi by it, and MMC material has a very interesting property and the advantage of offering the component part equipped with the more excellent endurance is attained [a stronger more rigid component part is created or].

[0004]

The car technique in which high-speed movement components, such as a piston rod, can function appropriately with such metal composites is an example of the use field of MMC material. The car manufacturer is striving continuously to attain improvement in the engine performance about fuel consumption, exhaust air, vibration, a noise, the amenity, etc. It is mitigation of weight in an inelastic body and high-speed movement engine components that it is especially important about all these parameters. In the game activity field which uses especially an automobile, an above-mentioned property is very desirable for engine components. As above-mentioned, a piston rod is an example of such a component part, and its mitigation of weight is very desirable.

[0005]

Generally in the ball-race activity of a car, lightweight ingredients, such as aluminum, titanium, or carbon fiber composite, are used for the component part of an above-mentioned class instead of steel.

[0006]

Another interesting use fields of an MMC product are an automobile, a truck, and the brake disc of a train.

[0007]

One main fault when using MMC material is very hard to machine an ingredient. When fabricating the component part which uses MMC material, the approach of casting a component part in the mold which is well in agreement is applied to the configuration finally completed. An option is using some of forging work or ram bars, can use spark processing to the front face of a component part, and the conventional processing by that cause, and can attain the last configuration of a component part. By using the conventional manufacture machining method, to produce the piston rod for motorcycles is tried as an example. The purpose which completes a desired component part with the property of requests, such as a weight fall, by this is attained. By using such a piston rod for an engine, as a result, migration on a high-speed gear is easy, and the engine which induces a lower vibration to an engine further was obtained. However, the problem is that the cost which manufactures engine components is very high, and this means that use is controlled or the importance of cost is limited to a small field.

[0008]

Many patent official reports are indicating various approaches for shaping in the culmination of the component part created by MMC material. Here, U.S. Pat. No. 5,765,667 is shown as an example. The patent concerned has described the approach for manufacturing a disk brake for a component part in this example by casting (this is expressed clearly) and a component part in the configuration which is very well in agreement with the last configuration of a component part, in order to avoid the need of machining with a cutting tool, if possible. Since the MMC material which consists of an aluminum base material and reinforcing materials of a silicon carbide particle just includes the presentation generally used for a grinding tool, it is obvious to this contractor that the need of machining with a cutting tool is avoided.

[0009]

Since the cutting edge of a cutting tool wears out quickly by the grinding particle inside composite when it machines by using the conventional machining technique, the silicon particle embedded at MMC material has the desolation effectiveness to a cutting tool.

[0010]

This invention indicates the unexpected solution over an above-mentioned problem.

[0011]

[Summary of the Invention]

Thereby, one mode of this invention can give that last configuration directly to a component part from work by this machining method based on the approach of fabricating the work of MMC material by what is called high-speed machining here (called HSM for short). Work can be used as the raw material which forges or casts, considers as the ram bar of a piece, or is produced by other approaches of a certain.

[0012]

High-speed machining includes operating a cutting tool at a very high rate to the work for processing as compared with the case of the conventional machining technique. The cutting tools which are related here are a milling cutter and a drill preferably.

[0013]

When using it here, the vocabulary "high-speed machining" (HSM) expresses the process from which the conventional machining method differs. This vocabulary is used also for the conventional machining in case a new approach is sometimes likely to push up the limitation of the conventional machining to higher level being shown. However, this application does not mean this truly as it shows below.

[0014]

HSM is cutting speed high in emergency. It is a high shear strain rate (capacity to separate a chip from work).

- A very high effectiveness consistency is generated in front of a cutting edge (type value: MW/mm³).
- temperature very high in the formation process of a chip -- a cutting location -- local --
***** -- things -- flowing [without chip contacting a cutting edge]-shearing force characterizes by approaching zero asymptotically.

[0015]

The followings are some examples of the high cutting speed when carrying out high-speed machining of the ingredient according to this invention.

- Aluminum A part for about 3000m/(it is a part for about 100 to 400 m/conventionally)
- Titanium A part for about 15000m/(it is a part for about 15 to 100 m/conventionally)

It is dependent on the class of ingredient machined to find out the right cutting speed for acquiring the above-mentioned condition held since high-speed machining is characterized. Such a thing could be determined without conducting too much experiment, once this contractor gets to know this indication.

[0016]

Shearing force can be investigated, when examining in order to determine the optimal cutting speed of HSM machining of a new ingredient. When reaching the decision criterion of a HSM machining condition, shearing force approaches zero asymptotically. Therefore, a HSM condition can be said to be ***** when shearing force declines with the increment in cutting speed. In the state of said HSM, the purpose is determining the optimal cutting speed of the ingredient for processing. In the conventional machining, shearing force increases with the increment in cutting speed. It means that this can be expressed with the curve in which the shearing force in cutting speed and a correlation has global maximum (local maximum or the minimum value may occur) as understood now. The conventional machining is ***** when it is machining data with which machining is a curved rise side and is performed. On the other hand, a HSM condition is ***** when machining is performed under the situation that machining is a curved descent side and is performed. That is, in other words, HSM machining is ***** when the global maximum point is passed.

[0017]

Another advantages which use HSM machining are most heat generated at a cutting point, and that a chip generally absorbs 80%, and, thereby, work is not influenced in essence by the heat generated at the time of machining.

[0018]

When high-speed machining was used for MMC material, achieving unexpectedly good results was found out. It seems that a cutting tool carries out long duration maintenance of the sharpness as if it was not influenced by existence of the grinding matter in MMC material although the rate of the grinding matter in an ingredient is high. The reason on this flesh side is not well understood yet as behavior inside an ingredient. That is, when carrying out high-speed machining of the MMC material, an ingredient does not understand well what has actually occurred at a cutting point. One theory is the pad grinding particle constituted with the chip cut from an ingredient becoming liquefied to some extent in the limited space just in front of the cutting edge of a cutting tool and silicon carbide, carbonization boron, or an aluminum oxide being carried away by the air supply formed, and not contacting the cutting edge of a tool directly by it. This will become the explanation about the reason a cutting tool maintains the sharpness, completely in contrast with what is applied to the conventional machining.

[0019]

The trial which produces a piston rod by HSM machining of MMC material was

performed. The result was very promising. The result of machining was good when a machine performed a right setup about delivery of spindle rotational speed, cutting speed, and a tool etc. The cost for fabricating as an example the prototype of the piston rod performed by MMC material in the last configuration high-speed machining on the other hand by the conventional approach can mention having reduced the manufacturing cost of a piston rod 40 or more times. It is possible to reduce cost further by mass production of the MMC component part by this invention.

[0020]

Still more nearly another purpose and advantage of this invention will become obvious from the following detailed explanation which shows and describes only the suitable operation gestalt of this invention as mere description of the optimal mode considered in order to realize this invention easily at this contractor. Although it will be understood, the operation gestalt from which others differ is possible for this invention, and some of the details can be made into the modification in various clear points, without deviating from this invention. Therefore, explanation is not as limitation and it should be regarded as de facto illustration.

[0021]

[Embodiment of the Invention]

Many examples of the trial by the experiment for evaluating the approach by this invention are explained referring to drawing. Drawing 1 showed the flange 1 manufactured from the blank 2 created from MMC material, and has removed all the raw materials of a blank 2 from the perimeter of the future flange 1 here using a machine tool. A flange 1 constitutes the configuration of L in this case, the last thickness of an ingredient is 1mm, and each die length of the side of L is 45mm and 15mm. A setup used for machining is a part for spindle rate 15000rpm and cutting speed part [for /] and feed-rate [of 3000mm]/of 565m in this example. The time amount required in order to fabricate the flange 1 by drawing 1 is 2.5 minutes. The attrition time amount of a cutting tool reached in several hours in this example. The components by this drawing are formed of the MMC material which contains the part of 40% of silicon carbide in an ingredient.

[0022]

Punching to the MMC material containing 40% of SiC content also performed the trial. Forming many holes with 6.9mm HM drill, the feed rate of a spindle rate is a part for 3000mm/there at 15000rpm. The attrition time amount of a drill was what is equal to use for a drill to make a maximum of 1000 drilled holes in this case.

[0023]

Drawing 2 indicates the example of a piston rod in the component for engines directly manufactured from the blank of MMC material, and this example. The blank of MMC material was processed into the last configuration as a piston rod by this drawing by high-speed machining by this invention. The cost for producing the piston rod of drawing 2 created by MMC material is low, and it shows the following advantage to coincidence as compared with the piston rod formed from other ingredients.

[0024]

- Compared with steel, compared with low mass-titanium, compare with high rigidity, the high yield point, high endurance limit, and a coefficient of thermal expansion fibrous composite equivalent to the steel of an adjoining crankshaft, and they are a low price, isotropy, and a coefficient of thermal expansion equivalent to the steel of an adjoining crankshaft compared with low mass and rigid high - aluminum. [0025]

The result of having excelled was attained by use of the cutting tool which was formed from the covered cemented carbide and equipped with internal channel cooling, and use of a diamond tool by machining according to the approach of this invention. When a diamond tool is used, the carbide content of MMC material becomes a maximum of 40%, and the attrition time amount of a tool is long. Even if carbide content became no less than 70% of height, the result of having still excelled was attained.

[0026]

To the last configuration of a component part, the approach by this invention can be applied to all the kinds manufactured from MMC material of component part, when it can machine. Therefore, this approach is not limited to the indicated example, but when selection of MMC is advantageous, it can be used for all component parts. As some examples which can be given, there are engine components, machine structure for spacecrafts, machine structure for instruments, a brake disc for cars, etc. Furthermore, the brake disc manufactured from MMC is advantageous from the point which is low weight as compared with steel, and this is conditions with specific importance in the train which contributes to reducing the rotational energy accumulated in a brake disc before moderation and by which each axle is equipped with the rotation brake disc of a large number often created with steel.

[0027]

Explanation of above-mentioned invention explains and explains this invention. Furthermore, although an indication shows only the suitable operation gestalt of this invention and explains, please understand that this invention can **** in the workmanship or the knowledge of the above-mentioned instruction and/or a related

technique, and can change or deform within the limits of the concept of invention which could use in other various combination, deformation, and an environment, and was described here as above-mentioned. The operation gestalt mentioned above by this application explains the best mode of the common knowledge for carrying out this invention further, and adds various modifications as which other contractors of these are such an operation gestalt or other operation gestalten, and are required by specific application or use of this invention, enabled it to use this invention and is carrying out the thing intention. Therefore, it does not mean limiting explanation to the gestalt which indicated this invention here. Moreover, the claim has the intention of being interpreted as a thing including the alternative-like operation gestalt.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1]

The MMC material of a piece is drawing showing the example of the experimentation fabricated by high-speed machining from a raw material.

[Drawing 2]

They are the engine components produced by the approach by this invention, and drawing showing the example of a piston rod in this case.

[Translation done.]

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.